



27.03.1998

BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLANDDEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMTOffenlegungsschrift  
DE 198 15 647 A 1Int. Cl.<sup>8</sup>:  
G 06 F 13/38  
H 04 L 7/00

- (21) Aktenzeichen: 198 15 647.2  
 (22) Anmeldetag: 7. 4. 98  
 (43) Offenlegungstag: 7. 10. 99

DE 198 15 647 A 1

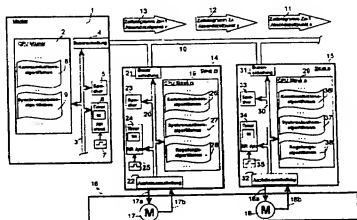
- (56) Innere Priorität:  
 198 13 770. 2 27. 03. 98
- (71) Anmelder:  
 Siemens AG, 80333 München, DE

- (72) Erfinder:  
 Krause, Karl-Heinz, Dipl.-Ing., 90475 Nürnberg, DE;  
 Zebisch, Thomas, Dipl.-Inf., 91058 Erlangen, DE
- (58) Entgegenhaltungen:  
 DE 41 40 017 C2  
 DE 42 15 380 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- (54) Verfahren zur Synchronisation einer lokalen auf eine zentrale Zeitbasis, und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit bevorzugten Verwendungen
- (57) Bei dem Verfahren werden Zeitlegramme von der zentralen (tz) an die lokale Zeitbasis (tm; tn) übertragen, der Absendezeitpunkt (y, z) eines Zeitlegramms erfaßt und als ein Datenwert in ein folgendes Zeitlegramm eingetragen. Von der lokalen Zeitbasis wird der Empfangszeitpunkt (u, v) eines Zeitlegramms erfaßt und der enthaltene Absendezeitpunkt reproduziert. Schließlich werden aus der Differenz von Zeitlegrammen die dabei auftretenden Zeitabweichungen (u-y, v-z) ermittelt und zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis ausgewertet.



DE 198 15 647 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation mindestens einer lokalen Zeitbasis in einem lokalen technischen System auf eine zentrale Zeitbasis in einem zentralen technischen System. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens und bevorzugte Verwendungen der Vorrichtung.

Dabei kann die lokale Zeitbasis dem Zeitzustand in einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung und die zentrale Zeitbasis dem Zeitzustand in einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung entsprechen. Von der zentralen zur lokalen Datenverarbeitungseinrichtung und damit von der zentralen zur lokalen Zeitbasis werden Datensätze übertragen, welche Zeitinformationen und u. U. auch weitere Nutzdaten unterschiedlichster Art enthalten. Diese Datensätze werden nachfolgend kurz als "Zeitleitgramme" bezeichnet.

In der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung wird die lokale Verarbeitung von Daten in der Regel auf der Grundlage der lokalen Zeitbasis vorgenommen. Diese wird in der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung insbesondere mit Hilfe von sogenannten Timerbausteinen gebildet. Dabei handelt es sich meist um Zähler, welche von einem lokalen Taktegeber zyklisch dekrementiert werden und die bei jeder vollständigen Dekrementierung, d. h. bei jedem Nulldurchgang des Zählerinhalts, ein Trigger- oder Zeitgeber-signal für die jeweilige lokale Zeitbasis abgeben.

In der Automatisierungstechnik können lokale Datenverarbeitungseinrichtungen zur dezentralen Steuerung von verteilten technischen Betriebsmitteln eingesetzt werden, welche als Bestandteil einer unter Umständen komplexen Produktionseinrichtung z. B. auf die Bearbeitung eines Werkstückes oder die Verarbeitung eines Ausgangsstoffes einwirken. Als eines von vielen möglichen Beispielen für derartige technische Betriebsmittel sollen exemplarisch elektrische Antriebe genannt werden, welche jeweils von einer zugeordneten lokalen Datenverarbeitungseinrichtung, die auch als eine Antriebssteuerung bezeichnet werden kann, mit Daten versorgt werden. Im Beispiel handelt es sich bei diesen Daten weitgehend um Regelgrößen, d. h. insbesondere um Meßwerte, Sollwerte und Stellwerte.

Für die Funktionsfähigkeit der gesamten Produktionseinrichtung, z. B. einer CNC Werkzeugmaschine, ist es nun in aller Regel notwendig, daß deren technische Betriebsmittel koordiniert z. B. auf ein Werkstück oder einen Ausgangsstoff einwirken. Dies setzt wiederum voraus, daß die lokalen Zeitbasen in den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen der technischen Betriebsmittel aufeinander synchronisiert sind. Hierdurch wird sichergestellt, daß z. B. Istwerte von den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen gleichzeitig erfaßt werden bzw. z. B. Stellsignale gleichzeitig an die zugehörigen technischen Betriebsmittel ausgegeben werden. Alle beteiligten lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen einer Produktionseinrichtung wirken somit im Moment eines übereinstimmenden Bearbeitungsstandes des jeweiligen Werkstücks bzw. des Ausgangsstoffes meß- und regelungstechnisch darauf ein.

Ferner ist eine regelmäßige, erneute Synchronisation der lokalen Zeitbasen in den lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen erforderlich. Die Ursache hierfür liegt in den dazugehörigen lokalen, insbesondere quartzesteuerten Taktegebern der Timerbausteine. Diese weisen in den verschiedenen lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen eine unterschiedliche Exemplarstreuung und somit verschiedenes Langzeitdriftverhalten auf, so daß die lokalen Zeitbasen ohne regelmäßige Synchronisation allmählich auseinander laufen würden.

Für eine Synchronisation der lokalen Zeitbasen können

die lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen bei einem ersten, bekannten System über eine separate Takteitung mit einem festen, zentralen Steuertakt versorgt werden. Dieser wird dem Taktegeber für den jeweiligen Timerbaustein direkt zugeführt. Eine derartige Anordnung ist besonders aufwendig, da die separate Takteitung parallel zu einem in der Regel ohnehin vorhandenen Datenbus zu verlegen ist, welcher die lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen mit einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung verbindet.

Für eine Synchronisation von lokalen Zeitbasen in lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen können diese auch über einen Datenbus mit einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung verbunden sein, in der eine zentrale Zeitbasis gebildet und verwaltet wird. Dabei werden bei einem bekannten System dieser Art sogenannte "Takteileitgramme" an den zentralen an die lokalen Zeitbasen übertragen und dort zur Synchronisation ausgewertet. Dabei tritt aber der Nachteil auf, daß die Takteileitgramme von der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung zeitlich streng äquidistant in den Datenbus eingespeist werden müssen. Diese werden von einer speziellen Auswerterschaltung in einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung empfangen, insbesondere einer PLL (phase locked loop) Auswerterschaltung. Diese leitet aus dem Empfangsrythmus der äquidistanten Takteileitgramme ein Korrektursignal ab, womit der auf den jeweiligen Timerbaustein einwirkende Taktegeber zum Zwecke der Synchronisation der lokalen Zeitbasis nachgestimmt wird. Eine Synchronisation mit zeitlich streng äquidistanten Takteileitgrammen wird auch als eine harte Synchronisation bezeichnet.

Ein wesentlicher Nachteil eines derartigen Systems liegt darin, daß zum Empfang und zur Auswertung der zeitlich streng äquidistanten Takteileitgramme in jeder lokalen Datenverarbeitungseinrichtung eine separate Hardware in Form einer Auswerterschaltung erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil liegt darin, vielfach die Anforderung der strengen zeitlichen Äquidistanz in der Praxis nicht präzise eingehalten werden kann, z. B. wegen einer besonderen Art der Datenübertragung auf dem jeweiligen Datenbus bzw. wegen z. B. interruptbedingter Bearbeitungsverzögerungen in der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung. Dies führt zu Schwankungen, insbesondere Verzögerungen, in der zeitlichen Abfolge der Takteileitgramme, welche auch als Jitter bezeichnet werden. Diese Jitter pflanzen sich u. U. fort bis in die lokalen Zeitbasen und können Äquidistanzschwankungen in unterlagerten Feinregelungen der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung verursachen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Synchronisation von lokalen Zeitbasen anzugeben, wobei möglichst kein zusätzlicher Schaltungsaufwand auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung erforderlich ist.

Die Aufgabe wird gelöst mit dem in Anspruch 1 angegebenen Verfahren und der in Anspruch 6 angegebene Vorrichtung. Die Lösung umfaßt auch die in Anspruch 9 angegebene bevorzugte Verwendung der Vorrichtung. Die Unteransprüche enthalten weitere, vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens, der Vorrichtung und der Verwendung der Vorrichtung.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird von der zentralen Zeitbasis der Absendezeitpunkt eines sogenannten "Zeitleitgramms" erfaßt und als ein Datenwert in ein folgendes Zeitleitgramm eingetragen. Von einer lokalen Zeitbasis wird dann der Empfangszeitpunkt eines Zeitleitgramms erfaßt und der Wert des in einem Zeitleitgramm enthaltenen Absendezeitpunktes reproduziert. Aus der Differenz zusammengehöriger Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeitleitgrammen werden schließlich von der lokalen Zeitbasis

Meßwerte der Zeitabweichung zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis ermittelt. Diese Werte der Zeitabweichungen werden zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis ausgewertet.

Die Erfindung beruht darauf, daß die Auswertung des Empfanges von Zeitlegrammen und die Heranziehung von darin enthaltenen Zeitinformationen zur Synchronisierung der lokalen Zeitbasen herangezogen wird. Mit den Zeitlegrammen werden einerseits Zeitstempel übertragen, insbesondere in Form der Absendezeitpunkte von vorangegangenen Zeitlegrammen. Bei der Erfindung müssen aber die Zeitlegramme keinesfalls ausschließlich zur Übertragung von derartigen Zeitinformationen dienen. Vielmehr können die Zeitlegramme darüber hinaus auch beliebige weitere Nutzdaten enthalten, welche in keiner Weise mit der Synchronisation der Zeitbasen in Verbindung stehen. Der Begriff Zeitlegramm bringt somit zum Ausdruck, daß es sich um ein Datentelegramm handelt, welches auch Zeitinformationen enthält, die von der zentralen Zeitbasis geprägt sind.

Weiterhin ist es durch die erfindungsgemäße Errassung der tatsächlichen Zeitabweichungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis mit Hilfe von Zeitlegrammen möglich, das Auftreten von Jittern sowohl auf der Seite der zentralen Zeitbasis, d. h. quasi auf der Sendeseite, als auch auf der Seite der lokalen Zeitbasen, d. h. quasi auf den Empfangsseiten, zu kompensieren. Derartige Jitter können unterschiedlichste Ursachen haben und z. B. auf Übertragungsstörungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis beruhen, bzw. auf Schwankungen von internen Bearbeitungsdauern in der zentralen bzw. einer lokalen Zeitbasis beruhen, welche durch Softwareprozesse, z. B. Interrupte, bedingt sind. Die erfindungsgemäße Kompensierbarkeit derartiger Schwankungen beruht auf der, möglichst genauen, Erfassung, Übertragung und Auswertung der Werte des jeweiligen exakten Absendezeitpunktes und des exakten Empfangszeitpunktes eines jeden Zeitlegramms, d. h. auf der Erfassung der damit verbundenen Zeitabweichung, welche wiederum ein Maß für den Unterschied zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis sind. Hierdurch wird einer lokalen Zeitbasis ein hochgenauer und robuster, d. h. von Jittern unabhängiger, Zeitmeßwert zugeführt.

Das erfindungsgemäße Verfahren erfordert somit zwar eine regelmäßige Übertragung von Zeitlegrammen, aber keine zeitlich streng äquidistante Übertragung von Taktelegrammen. Die Zeitlegramme sind somit Datentelegramme, welche auch eine, einen exakten Absendezeitpunkt betreffende, Zeitinformation enthalten. Das erfindungsgemäße Synchronisationsverfahren ist ferner so robust, daß sogar in einem Ausnahmefall ein einzelnes Zeitlegramm ausfallen kann, ohne daß die Synchronität der lokalen Zeitbasen gefährdet ist.

Bei einer weiteren, vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden von der lokalen Zeitbasis Zeitabweichungen mit Hilfe einer Gruppe von Zeitlegrammen ermittelt, welche während einer Beobachtungsperiode übertragen wurden. Aus dem Minimalwert der in einer Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen wird schließlich ein Korrekturwert gebildet und zur Synchronisation verwendet. Bei dieser Ausführung wird auf der Seite einer lokalen Zeitbasis somit zunächst ein Gruppe von Zeitlegrammen ausgewertet und die hieraus abgeleiteten Zeitabweichungen quasi aufgesammelt. Für eine Korrektur wird schließlich nur diejenige Zeitabweichung ausgewählt, welche die günstigsten Eigenschaften aufweist. Dies ist der Minimalwert der Zeitabweichungen, da dieser nämlich mit einem Zeitlegramm verbunden ist, welches in der zurückliegenden Beobachtungsperiode am wenigsten durch Jitter gestört wurde, also dem Idealzustand einer quasi verzöger-

ungsfreien Datenübertragung am nächsten kommt.

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens entspricht ein Korrekturwert dem Ausgangswert eines Regelungsalgorithmus, dem als Sollwert der Wert null und als Istwert der Minimalwert aus den Zeitabweichungen einer Beobachtungsperiode zugeführt wird. Mit dieser Ausführung wird einerseits quasi die "Weichheit" der Aufschaltung von Korrekturwerten auf eine lokale Zeitbasis, d. h. insbesondere die Aufschaltung auf die Timerbausteine einer dazugehörigen lokalen Datenverarbeitungseinheit, weiter erhöht.

Schließlich wird es durch den Einsatz eines Regelungsalgorithmus zur Bestimmung eines Korrekturwertes möglich, das erfindungsgemäße Verfahren nahezu vollständig mit Hilfe von Programmroutinen zur realisieren, welche in der, die jeweilige lokale Zeitbasis aufweisende lokale Datenverarbeitungseinheit ablaufen. Der jeweilige Korrekturwert kann somit rein softwaremäßige bestimmt werden, und muß dann nur noch in den Timerbaustein der lokalen Datenverarbeitungseinheit als ein neuer Startwert geladen werden. Ein derartiger Startwert kann auch als Reload Wert bezeichnet werden. Damit verbunden ist der weitere Vorteil, daß ein bevorzugt quartzgetriebener Taktgeber, welcher den Timerbaustein einer lokalen Datenverarbeitungseinheit dekrementiert, völlig uneinflusst bleibt und frei laufen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren wirkt somit nicht auf den Taktgeber eines Timerbausteins, sondern auf den Timerbaustein selbst ein. Die Fortschreibung der lokalen Zeitbasis erfolgt somit erfindungsgemäß durch Reprogrammierung eines entsprechend ausgewählten Startwertes für den Timerbaustein. Der Startwert, auch Reloadwert genannt, wird somit dynamisch angepaßt. Ferner ist diese Reprogrammierung taktunabhängig, kann also jederzeit erfolgen, d. h. "on the fly".

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird von einer lokalen Zeitbasis ein Korrekturwert während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt aufgeschaltet. Mit dieser "weichen", d. h. stufenweisen Aufschaltung eines Korrekturwertes, kann eine weitere Reduktion des Einflusses von Jittern auf die Qualität der Synchronisation bewirkt werden. Das erfindungsgemäße Synchronisationsverfahren ist somit hochgenau und kommt ohne separate Taktileitungen aus.

Die durch die erfindungsgemäße Auswertung der Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeitlegrammen gewonnenen und mit "Zeitabweichung" bezeichneten Werte sind ein Abbild für die aktuelle Abweichung einer lokalen Zeitbasis von der zentralen Zeitbasis. Sie können somit für eine Korrektur der lokalen Zeitbasis, d. h. für deren Synchronisation, verwendet werden, welche ohne Eingriffe auf zugeordneten lokalen Taktgeber auskommt. Der Wert einer Zeitabweichung wird dabei im wesentlichen bestimmt von zwei Anteilen, wobei der erste Anteil als ein "Dritanteil" und der zweite Anteil als ein "Jitteranteil" angesehen werden kann. Der "Dritanteil" wird verursacht von Abweichungen zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis, welche wiederum auf Bauelementetoleranzen insbesondere der meist quartzgetriebenen Taktgeber der jeweiligen Zeitbasis beruhen. Der "Jitteranteil" beruht im wesentlichen auf unterschiedlichen Verarbeitungszeiten insbesondere der Zeitlegramme in der zentralen und der lokalen Zeitbasis, z. B. in den jeweils Datenbusanschaltungen der dazugehörigen zentralen und lokalen Datenverarbeitungseinheiten, und gegebenenfalls zusätzlich auch auf möglicherweise nur geringfügigen Laufzeitunterschieden auf dem Datenbus zwischen den Datenverarbeitungseinheiten.

Die Erfindung, weitere vorteilhafte Ausführungsformen derselben und weitere damit verbundene Vorteile werden desweiteren anhand der in den nachfolgend kurz angeführ-

ten Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele weiter erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 das Blockschaltbild einer beispielhaften Anordnung, aus einer zentralen und zwei lokalen Datenverarbeitungsvorrichtungen mit einem Datenbus, über den erfindungsgemäß Zeitlegramme übermittelt werden.

Fig. 2 eine beispielhafte, schematische Darstellung in Form eines zweidimensionalen Zeitdiagrammes zur Erläuterung der Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Synchronisationsverfahrens.

Fig. 3 einen beispielhaften, schematischen Ablaufplan zur Erläuterung von Bearbeitungsschritten zwischen dem Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Seite einer zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung.

Fig. 4 einen weiteren beispielhaften, schematischen Ablaufplan zur Erläuterung von Bearbeitungsschritten zwischen dem Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Seite einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung.

Fig. 5 beispielhaft die Bestimmung eines Minimalwertes aus den während einer Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, und

Fig. 6 schematisch eine beispielhafte Ausführung der Erfindung zur Bestimmung und Aufschaltung eines aus den Zeitabweichungen abgeleiteten Korrekturwertes für die lokale Zeitbasis in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung.

Fig. 1 zeigt in Form eines beispielhaften Blockschaltbildes eine vorteilhafte Anordnung, welche zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete ist. Die Anordnung enthält eine zentrale Datenverarbeitungseinrichtung 1, welche auch als "Master" bezeichnet wird, und beispielhaft zwei lokale Datenverarbeitungseinrichtungen 14 und 15, welche auch als "Slave m" und "Slave n" bezeichnet werden. Alle Datenverarbeitungseinrichtungen sind über einen externen Datenbus 10 miteinander verbunden, über den Datenteilegramme mit Zeitinformationen, d. h. Zeitlegramme, von der zentralen an die lokalen Datenverarbeitungsvorrichtungen übermittelt werden. Im Beispiel der Fig. 1 sind exemplarisch drei aus einem Strom von regelmäßig aufeinander folgenden Zeitdiagrammen gezeigt, welche auch als einander folgenden Zeitdiagrammen bezeichnet werden. Jedes Zeitlegramm 11, 12 und 13 enthält als eine Dateninformation den Wert des Absendezeitpunktes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  eines vorangegangenen Zeitlegrammes. Wie oben bereits erläutert, können aber auch beliebige andere Nutzdaten enthalten sein, welche nicht mit der Übertragung von Zeitinformation zusammenhängen. Dies wird an Hand der nachfolgenden Fig. 2 noch näher erläutert werden.

Die zentrale Datenverarbeitungseinrichtung 1 weist zentrale Mittel zur Bildung einer zentralen Zeitbasis 12 auf. Dabei handelt es sich vorteilhaft um einen Timerbaustein 6, der von einem Taktgeber 7 angesteuert und z. B. dekrementiert wird. Pro vollständiger Dekrementierung, d. h. pro Nulldurchgang von dessen Zählerwert, wird vom Timerbaustein 6 ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis 12 abgegeben. Anschließend wird der Timerbaustein wieder mit einem konstanten Startwert geladen, welcher mit "RR const." bezeichnet ist. Der Timerbaustein 6 steht über einen internen Datenbus 3 mit weiteren Elementen der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung 1 in Verbindung. Im Beispiel der Fig. 1 sind eine zentrale Verarbeitungseinheit 2, "CPU Master" genannt, ein Speicher 5 für Daten und eine Busanschaltung 4 vorhanden, worüber der interne Datenbus 3 mit dem externen Datenbus 10 verbunden ist. Die Busanschaltung 4 ist

neben einem Kommunikationsalgorithmus 8, welcher von der zentralen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird, Bestandteil von zentralen Kommunikationsmitteln. Diese haben die Aufgabe der Einspeisung von Datenteilegrammen, insbesondere in Form von Zeitlegrammen, in den zentralen Datenbus 10.

Die Zeitlegramme selbst werden von zentralen Synchronisationsmitteln gebildet, welche im Beispiel der Fig. 1 durch einen zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 repräsentiert sind, der ebenfalls von der zentralen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird. Da der Absendezeitpunkt eines Zeitlegramms in dieses selbst als Datenwert nicht mehr eingetragen werden kann, wird eines der folgenden Zeitlegramme als Träger für diese Zeitinformation verwendet. Bevorzugt wird das unmittelbar folgende Zeitlegramm als Träger verwendet. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit der Absendezeitpunkt eines eingespeisten Zeitlegramms erfaßt, zwischengespeichert und in ein folgendes Zeitlegramm vor dessen Einspeisung als einen Datenwert eingetragen. Bei den in der Fig. 1 bis 6 dargestellten Beispielen wird davon ausgegangen, daß das Zeitlegramm  $Zn+1$  mit dem Bezugszeichen 13 den Absendezeitpunkt  $z$  des vorangegangenen Zeitlegrammes  $Zn$  mit dem Bezugszeichen 12 als Datenwert, und das Zeitlegramm  $Zn$  mit dem Bezugszeichen 12 den Absendezeitpunkt  $y$  des vorangegangenen Zeitlegrammes  $Zn-1$  mit dem Bezugszeichen 11 als Datenwert enthält.

Die in Fig. 1 beispielhaft dargestellten beiden lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen 14 bzw. 15 sind identisch aufgebaut und weisen jeweils lokale Mittel zur Bildung einer lokalen Zeitbasis 14 bzw. 15 auf. Diese lokalen Mittel weisen bevorzugt jeweils einen Timerbaustein 24 bzw. 34 auf, welcher von einem Taktmittel 25 bzw. 35 zyklisch dekrementiert wird. Pro vollständiger Dekrementierung wird von den Timerbausteinen 24 bzw. 34 ein Zeitbildungssignal für die lokalen Zeitbasen 14 bzw. 15 abgegeben. Anschließend werden die Timerbausteine wieder mit einem Startwert geladen, welcher mit "RR dyn." bezeichnet ist. Es handelt sich dabei um einen, gemäß einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung gebildeten sogenannten "dynamischen Relativwert", welcher erfindungsgemäß zur Synchronisation der jeweiligen lokalen Zeitbasis unter Verwendung zumindest einer ermittelten Zeitabweichung angepaßt ist. Dies wird nachfolgend noch näher erläutert werden. Die Timerbausteine 25 bzw. 35 stehen über einen internen Datenbus 20 bzw. 30 mit weiteren Elementen der jeweiligen lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 in Verbindung. Im Beispiel der Fig. 1 sind jeweils eine lokale Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29, "CPU Slave m" bzw. "CPU Slave n" genannt, jeweils ein Speicher 23 bzw. 33 für Daten und eine Busanschaltung 21 bzw. 31 vorhanden, worüber der jeweilige interne Datenbus 20 bzw. 30 mit dem externen Datenbus 10 verbunden ist. Die Busanschaltungen 21 bzw. 31 sind neben jeweils einem Kommunikationsalgorithmus 26 bzw. 36, welcher von der jeweiligen lokalen Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29 bearbeitet werden, Bestandteil von zentralen Kommunikationsmitteln. Diese haben die Aufgabe der Entgegennahme von Zeitlegrammen aus dem zentralen Datenbus 10.

Die Zeitlegramme selbst werden von lokalen Synchronisationsmitteln ausgewertet, welche im Beispiel der Fig. 1 durch jeweils einen lokalen Synchronisationsalgorithmus 27 bzw. 37 repräsentiert sind, der ebenfalls von der jeweiligen lokalen Verarbeitungseinheit 2 bearbeitet wird. Erfindungsgemäß werden dabei die tatsächlichen Empfangszeitpunkte von Zeitlegrammen erfaßt, die in den empfangenen Zeitlegrammen als Zeitdatenwerte enthaltenen Absendezeitpunkte von Zeitlegrammen auslesen und die Zeitabwei-

chungen aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten von Zeitelementen bestimmbar. Hieraus werden schließlich Korrekturwerte "RR dyn." für die lokalen Mittel zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis um bzw. n bestimmt. Dienen wiederum bevorzugt Timerbausteine 24 bzw. 34 als lokale Mittel zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis um bzw. n, so schalten die lokalen Synchronisationsalgorithmen 27 bzw. 37 dem jeweiligen Timerbaustein als Startwert den Korrekturwert "RR dyn." auf. Dies wird nachfolgend insbesondere am Beispiel der Fig. 6 noch näher erläutert werden.

Im Beispiel der Fig. 1 verfügen die jeweiligen internen Datenbusse 20 bzw. 30 über eine weitere Busanschaltung, welche als Antriebsanschaltung 22 bzw. 32 bezeichnet ist. Hiermit können Datenverbindungen mit einer beispielhaften technischen Produktionseinrichtung 16 hergestellt werden. In Fig. 1 dienen die beiden lokalen Datenverarbeitungseinrichtungen 14 bzw. 15 beispielhaft zum Betrieb von lokalen technischen Betriebsmitteln 17 bzw. 18 in der technischen Produktionseinrichtung 16. Bei den technischen Betriebsmitteln handelt es sich z. B. um elektrische Antriebe 17 bzw. 18. Dabei steuert die lokale Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 das lokale technische Betriebsmittel 17 bzw. 18 jeweils im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis um bzw. n an. Hierbei werden zwischen lokaler Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 und dem zugeordneten lokalen technischen Betriebsmittel 17 bzw. 18 bevorzugt Regelgrößen synchron im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis um bzw. n ausgetauscht, insbesondere digitalisierte Ist-, Soll- und/oder Stellwerte 17a, 17b bzw. 18a, 18b. Diese Größen werden in der zentralen Verarbeitungseinheit 28 bzw. 38 lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 14 bzw. 15 verarbeitet. In Fig. 1 dient hierzu beispielhaft jeweils ein symbolischer Regelalgorithmus 28 bzw. 38 in der lokalen Verarbeitungseinheit 19 bzw. 29. Sind die lokalen Zeitbasen um bzw. n erfindungsgemäß synchronisiert, so erfolgt der Austausch der Regelgrößen bezüglich desselben Ausgangszustandes im Inneren der Produktionseinrichtung 16 und die Regelalgorithmen 28 bzw. 38 vollziehen die jeweiligen Berechnungen auf Basis einer übereinstimmenden Grundlage.

Fig. 2 zeigt ein zweidimensionales Zeitdiagramm in einer beispielhaften, schematischen Darstellung. Hiermit wird nachfolgend die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Synchronisationsverfahrens weiter erläutert.

Auf der linken Seite des Zeitdiagrammes befinden sich eine erste Gruppe von drei vertikalen Zeitachsen 49, 50 und 51, welche der zentralen Datenverarbeitungseinrichtung 1 (Master) zugeordnet sind. Dabei zeigt die Zeitachse 49 den Zeitablauf in der zentralen Zeitbasis  $z$ , die Zeitachse 50 Aktionszeitpunkte im zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 und die Zeitachse 51 Datenverarbeitungsschritte im zentralen Kommunikationsalgorithmus 8. Auf der rechten Seite des Zeitdiagrammes befinden sich eine zweite Gruppe von drei weiteren vertikalen Zeitachsen 52, 53 und 54, welche einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung zugeordnet sind, im Beispiel der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 15 (Slave n). Dabei zeigt die Zeitachse 52 den Zeitablauf in der lokalen Zeitbasis  $z$ , die Zeitachse 53 Aktionszeitpunkte im lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 und die Zeitachse 54 Datenverarbeitungsschritte im lokalen Kommunikationsalgorithmus 36. Zwischen beiden Gruppen von Zeitachsen ist durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 11, 12 und 13 die Übertragung der beispielhaften Zeitelemente  $Zn-1$ ,  $Zn$  und  $Zn+1$  auf dem Datenbus 10 symbolisiert.

Der Ablauf von Datenverarbeitungsschritten und Aktionszeitpunkten der einzelnen Algorithmen im Beispiel des Zeitdiagrammes von Fig. 2 wird nachfolgend im Detail er-

läutert.

Die mit Rauten gekennzeichneten Zeitpunkte 55, 56, 57 bzw. 58 auf der Zeitachse 49 stellen Zeitmarken der zentralen Zeitbasis  $z$  dar. Diese entsprechen bevorzugt denjenigen Zeitpunkten, bei denen im Beispiel der Fig. 1 der Timerbaustein 6 in der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 jeweils mit einem neuen Startwert geladen wird, d. h. einem Reloadwert RR const. Zur Bildung der zentralen Zeitbasis  $z$  wird der Timerbaustein 6 von einem Taktmittel 7 zyklisch dekrementiert. Nach jeder vollständigen Dekrementierung wird ein Zeitbildungssignal für die zentrale Zeitbasis  $z$  abgegeben. Schließlich wird dem Timerbaustein 6 ein neuer Startwert RR const. aufgeschaltet. Gleichzeitig wird in jedem der Zeitpunkte 55, 56, 57 bzw. 58 der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 aufgerufen, was in Fig. 2 durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 39, 42, 45 bzw. 48 symbolisiert ist. Diese verzweigen auf Aktionszeitpunkte 9a, 9c bzw. 9e des Synchronisationsalgorithmus. Der zum Pfeil 48 gehörige Aktionszeitpunkt ist aus Gründen der besseren Übersicht am unteren Rand der Fig. 2 nicht mehr dargestellt.

In den Aktionszeitpunkten 9a, 9c bzw. 9e wird der zwischen gespeicherte Absendezeitpunkt  $x$ ,  $y$  bzw.  $z$  des zuletzt abgesendeten Zeitelementes aktiviert und dem zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 übergeben. Diese ist wiederum durch schräge, von links nach rechts verlaufende Pfeile 40, 43 bzw. 46 symbolisiert. Dieser trägt den jeweiligen Absendezeitpunkt  $x$ ,  $y$  bzw.  $z$  in einem Datenverarbeitungsschritt 8aa, 8ba bzw. 8ca in ein Zeitelement  $Zn-1$ ,  $Zn$  bzw.  $Zn+1$  ein, welches dann in den Datenbus 10 eingespeist wird. Bevorzugt nach Abschluß der jeweiligen Einspeisung wird in einem weiteren Datenverarbeitungsschritt 8ab, 8bb bzw. 8cb der tatsächliche Absendezeitpunkt  $x$ ,  $y$  bzw.  $z$  an das gerade abgesendete Zeitelementes  $Zn-1$ ,  $Zn$  bzw.  $Zn+1$  bezogen auf die Zeitachse 49 der zentralen Zeitbasis  $z$  erfährt und dem zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 übergeben. Dies ist durch schräge, von rechts nach links verlaufende Pfeile 41, 44 bzw. 47 symbolisiert, welche auf entsprechende Aktionszeitpunkte 9b, 9d bzw. 9f auf der Zeitachse 50 des zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 verzweigen. Dort werden die Meßwerte der tatsächlichen Absendezeitpunkte  $x$ ,  $y$  bzw.  $z$  gespeichert, um ab dem durch die Zeitmarke 56, 57 bzw. 58 auf der Zeitachse 49 der zentralen Zeitbasis  $z$  markierten jeweiligen Zeitpunkt als Datenwert des jeweils folgenden Zeitelementes  $Zn$ ,  $Zn+1$  ... berücksichtigt werden zu können.

Die in den Datenbus 10 eingespeisten Zeitelemente 11, 12 bzw. 13 werden im Beispiel der Fig. 2 vom lokalen Kommunikationsalgorithmus 36 der lokalen Datenverarbeitungseinrichtung 15 (Slave n) in Aktionszeitpunkten 36a, 36b bzw. 36c entgegengenommen. Bevorzugt nach Abschluß des jeweiligen Dateneingangs wird in einem weiteren Datenverarbeitungsschritt 36aa, 36ba bzw. 36ca der tatsächliche Empfangszeitpunkt  $u$ ,  $v$  bzw.  $w$  des gerade entgegengenommenen Zeitelementes  $Zn-1$ ,  $Zn$  bzw.  $Zn+1$  bezogen auf die Zeitachse 52 der lokalen Zeitbasis  $z$  erfährt und der im jeweiligen Zeitelement als ein Datenwert enthaltene Absendezeitpunkt  $x$ ,  $y$  bzw.  $z$  rekonstruiert. Beide Werte, d. h. der Absendezeitpunkte des vorangegangenen Zeitelementes und der Empfangszeitpunkt des aktuellen Zeitelementes stehen in Datenverarbeitungsschritten 36ab, 36bb bzw. 36cb zur Verfügung. Sie werden paarweise dem lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 übergeben, was durch schräge, von links nach rechts verlaufende und mit  $x, u$ ,  $y, v$  bzw.  $z, w$  beschriftete Pfeile 66, 68 bzw. 70 symbolisiert ist. Diese verzweigen auf entsprechende Aktionszeitpunkte 37a, 37b bzw. 37c auf der Zeitachse 53 des lokalen Synchronisationsalgorithmus 37. In diesen Aktionszeitpunkten werden

erfindungsgemäß quasi als Meßwerte für die Zeitabweichungen aus der Differenz zusammengehöriger Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeitlegrammen gebildet. Gemäß bevorzugten Ausführungen der Erfindung wird hieraus ein Korrekturwert bzw. ein in Teilkorrekturwerte aufgeteilter Korrekturwert zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis in abgeleitet.

Ein Korrektur- bzw. Teilkorrekturwert wird bevorzugt in den mit Rauten gekennzeichneten Zeitpunkte 59, 60, 61 bzw. 62 auf der Zeitschse 52 der lokalen Zeitbasis in aktiv bzw. zum Zwecke der Synchronisation berücksichtigt. Im Beispiel der Fig. 2 sind neben den Zeitpunkten 60, 61 bzw. 62 symbolisch die dazugehörigen Zeitabweichungen (x-s), (u-y) bzw. (v-z) angegeben, welche als Grundlage für eine Synchronisation ausgewertet werden.

Im Beispiel der Fig. 2 sind ferner beispielhaft ein sogenannter Jitter 63 auf der Sendeseite, und ein sogenannter Jitter 64 auf der Empfangsseite dargestellt. Es handelt sich dabei um Zeitverzögerungen, welche durch unregelmäßige und nicht vorhersehbare Verzögerungen bei der Befehlsverarbeitung auf der Sendeseite, d. h. in der Verarbeitungseinheit 2 der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 1, bzw. auf der Empfangsseite, d. h. z. B. in der Verarbeitungseinheit 29 der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15, auftreten. Im Beispiel der Fig. 2 wird durch den Jitter 63 der Datenverarbeitungsschritt 8ba verzögert, d. h. die Absendung des Zeitlegrammes Zn, während die Absendung der Zeitlegramme Zn-1 und Zn+1 in den vergleichbaren Datenverarbeitungsschritten 8aa und 8ca auf der Zeitschse 51 des zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 nahezu verzögerungsfrei erfolgt. Weiterhin wird durch den Jitter 64 der Datenverarbeitungsschritt 36cb verzögert, d. h. der Empfang des Zeitlegrammes Zn+1, während der Empfang der Zeitlegramme Zn-1 und Zn in den vergleichbaren Datenverarbeitungsschritten 36ab und 36bb auf der Zeitschse 54 des lokalen Kommunikationsalgorithmus 36 nahezu verzögerungsfrei erfolgt. Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß derartige sporadische Verzögerungen nahezu keinen Einfluß auf die Qualität der Synchronisation der Zeitbasen in lokalen Datenverarbeitungsvorrichtungen haben, d. h. der Zeitabweichung erfaßt und bei der Synchronisation mit berücksichtigt wird.

Bei einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung, welche im Beispiel der Fig. 1 bereits dargestellt ist, kann die lokale Datenverarbeitungsvorrichtung 15 lokale Mittel zur Bildung der lokalen Zeitbasis in mit jeweils einem Timerbaustein 34 aufweisen, welcher von einem Taktmittel 35 zyklisch dekrementiert wird. Nach jeder vollständigen Dekrementierung wird ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis in abgegeben. Schließlich schalten die lokalen Synchronisationsmittel 37 dem jeweiligen Timerbaustein 34 als neuen Startwert ein, unter Berücksichtigung gemessener Zeitabweichungen gebildeten Korrekturwert RR dyn auf, womit die gewünschte Synchronisation der lokalen Zeitbasis in an die zentrale Zeitbasis z bewirkt wird. Die Zeitpunkte 60, 61 bzw. 62 in Fig. 2 können somit denjenigen entsprechen, bei denen im Beispiel der Fig. 1 der Timerbaustein 34 jeweils mit einem neuen Startwert geladen wird, d. h. einem Relativwert RR dyn. Dabei ist dieser Startwert nicht konstant, sondern wird zur Synchronisation der dazugehörigen Zeitbasis in unter Auswertung der erfaßten Zeitabweichungen dynamisch angepaßt. Eine vorteilhafte Ausführung für eine derartige dynamische Anpassung wird nachfolgend am Beispiel der Fig. 6 noch näher beschrieben werden.

Die Fig. 3 bzw. 4 zeigen beispielhafte, schematische Ablaufpläne der zwischen einem zusammengehörigen Kommunikations- und Synchronisationsalgorithmus in einer Da-

tenverarbeitungsvorrichtung gemäß der Erfindung aufzuführenden Bearbeitungsschritten. Die Darstellungen in den Figuren dienen zur weiteren Erläuterung des Zeitdiagramms von Fig. 2. Dabei zeigt Fig. 3 einen Ausschnitt aus dem gemäß der vorliegenden Erfindung zyklisch aufeinanderfolgend auftretenden Bearbeitungsschritten zwischen dem zentralen Synchronisationsalgorithmus 9 und dem zentralen Kommunikationsalgorithmus 8 auf der Seite der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 2, d. h. in der Verarbeitungseinheit "CPU Master" von Fig. 2. Ferner zeigt Fig. 4 einen Ausschnitt aus dem gemäß der vorliegenden Erfindung zyklisch aufeinanderfolgend auftretenden Bearbeitungsschritten zwischen dem lokalen Kommunikationsalgorithmus 37 und dem lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15, auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15, d. h. in der Verarbeitungseinheit "CPU Slave n" von Fig. 2.

Im Beispiel der Fig. 3 wird von dem Bearbeitungsschritt 39 der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 im Aktionszeitpunkt 9a gestartet, so daß dieser ein neues Zeitlegramm Zn-1 generiert und in dieses den zwischenzeitlich erfaßten Absendezeitpunkt x als einen Datenwert einträgt. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 40 wird der zentrale Kommunikationsalgorithmus 8 im Aktionszeitpunkt 8a gestartet. Dieser bewirkt die Absendung des Zeitlegrammes Zn-1 im Verarbeitungsschritt 8aa in den Datenbus 10, und die Erfassung von dessen Absendezeitpunkt y im folgenden Verarbeitungsschritt 8ab. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 41 wird wiederum der zentrale Synchronisationsalgorithmus 9 gestartet. Dieser nimmt den erfaßten Absendezeitpunkt y zum Zwecke der Speicherung entgegen. Mit diesem Bearbeitungsschritt ist eine erste Folge von zusammengehörigen Bearbeitungsschritten auf der Seite der zentralen Datenverarbeitungsvorrichtung 2 abgeschlossen. In Fig. 3 sind im unteren Bereich analog zum Inhalt von Fig. 2 zwei weitere Zyklen von Bearbeitungsschritten dargestellt, welche die Zeitlegramme Zn und Zn+1 betreffen. Diese Abläufe entsprechen der bisher erläuterten Folge von Bearbeitungsschritten, so daß zu deren näheren Beschreibung auf die obigen Ausführungen verwiesen werden können.

Im Beispiel der Fig. 4 wird in einem Bearbeitungsschritt 65 der lokale Kommunikationsalgorithmus 36 in einem Aktionszeitpunkt 36a gestartet. Dieser Start kann durch das Eintreffen eines Zeitlegrammes auf dem Datenbus ausgelöst werden. Der lokale Kommunikationsalgorithmus 36 erfaßt dann in einem Verarbeitungsschritt 36aa sowohl das anstehende Zeitlegramm Zn-1 als auch dessen tatsächlichen Empfangszeitpunkt u. In einem folgenden Verarbeitungsschritt 36ab erfolgt ferner eine Dekodierung und Rekonstruktion des Zeitlegrammes Zn-1 derart, daß zumindest der darin enthaltene Wert des Absendezeitpunktes x eines vorangegangenen Zeitlegrammes Zn-2 zurückgewonnen wird. Mit dem folgenden Bearbeitungsschritt 66 wird der lokale Synchronisationsalgorithmus 37 im Aktionszeitpunkt 37a gestartet. Dieser speichert zunächst in einem Verarbeitungsschritt 37aa den zum Zeitlegramm Zn-1 gehörigen Empfangszeitpunkt u für eine spätere Verarbeitung. In einem folgenden Verarbeitungsschritt 37ab wird aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten eines Zeitlegrammes ein Meßwert für die Zeitabweichung zwischen zentraler und lokaler Zeitbasis bestimmt.

Im dargestellten Beispiel wird aus dem Absendezeitpunkt x und dem zwischenzeitlich erfaßten Empfangszeitpunkt s des Zeitlegrammes Zn-2 die Zeitabweichung x-s gebildet. Dieses Zeitlegramm wurde im Zeitdiagramm der Fig. 2 vor dem Zeitlegramm Zn-1 übertragen, und ist somit am oberen Bildrand aus Gründen der besseren Übersicht nicht mehr gezeigt. Aus dieser Zeitabweichung x-s kann ein Korrekturwert zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis in er-

mittelt und aktiviert werden. Dies wird nachfolgend noch näher erläutert. Mit diesem Bearbeitungsschritt ist eine erste Folge von zusammengehörigen Bearbeitungsschritten auf der Seite der lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 abgeschlossen. In Fig. 4 sind ebenfalls im unteren Bereich analog zum Inhalt von Fig. 2 zwei weitere Zyklen von Bearbeitungsschritten dargestellt, welche die Bestimmung und Verarbeitung der Zeitabweichungen  $u-y$  bzw.  $v-z$  unter Auswertung der Zeitleitogramme  $Zn-1$  und  $Zn$  betreffen. Diese Abläufe entsprechen der bisher erläuterten Folge von Bearbeitungsschritten, so daß zu deren näheren Beschreibung auf die obigen Ausführungen verwiesen werden kann.

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführung der Erfindung werden von einer lokalen Zeitbasis in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung Zeitabweichungen aus den während einer Beobachtungsperiode übertragenen Zeitleitogramme ermittelt und gespeichert. Vorteilhaft wird dabei eine vorgegebene Anzahl von Übertragungen von Zeitleitogrammen zu einer Beobachtungsperiode zusammengefaßt. Die Übertragung und Auswertung eines Zeitleitogrammes aus einer Beobachtungsperiode wird nachfolgend auch als ein Beobachtungsschritt bezeichnet. Aus den kumulierten, in der Beobachtungsperiode erfaßten Zeitabweichungen wird der jeweils aufgetretene Minimalwert ermittelt und hieraus ein Korrekturwert zur Verwendung für die Synchronisation gebildet. Wie oben bereits ausgeführt, ist ein Minimalwert aus einer Gruppe von Zeitabweichungen besonders geeignet zur Bildung eines Korrekturwertes, da die Absendung, die Übertragung und der Empfang damit verbundener Zeitleitogramme am wenigsten zeitlich gegenüber der zentralen Zeitbasis versetzt sind. Dies wird nachfolgend am Beispiel der Fig. 5 weiter erläutert.

Fig. 5 zeigt beispielsweise eine Beobachtungsperiode, welche 15 Beobachtungsschritte B1 bis B16 aufweist. In Fig. 5 sind zwei Zeitachsen eingetragen, d. h. eine erste Zeitachse 49 für die zentrale Zeitbasis  $t$  und eine zweite Zeitachse 52 für die lokale Zeitbasis  $tn$ . Die Schräglage der Zeitachse für  $tn$  gegenüber der Zeitachse für  $t$  zeigt die Abweichung, d. h. die Drift, der lokalen Zeitbasis gegenüber der zentralen Zeitbasis, welcher deren regelmäßige Synchronisation erforderlich macht. Die Zeitachsen 49, 52 in Fig. 5 entsprechen denen von Fig. 2. Ferner entsprechen die jeweils mit einer Raute gekennzeichneten Zeitmarken am Ende eines jeden Beobachtungsschrittes in Fig. 5 den Zeitmarken auf der rechten, vertikalen Zeitachse 49 von Fig. 2. Dies ist in Fig. 5 durch die Bezugszeichen 59, 60, 61 und 62 kenntlich gemacht. So wird beispielsweise während der Beobachtungsperiode B8, B9, B10 bzw. B11 das Zeitleitogramm  $Zn-2$ ,  $Zn-1$ ,  $Zn$  bzw.  $Zn+1$  übertragen. Folglich steht am Ende z. B. des Beobachtungsschrittes B9, B10 bzw. B11, d. h. bei den Zeitmarken 60, 61 bzw. 62, jeweils der Wert der Zeitabweichung  $x-s$ ,  $u-y$  bzw.  $v-z$  zur Verfügung, welcher durch Auswertung des Zeitleitogrammes  $Zn-2$ ,  $Zn-1$  bzw.  $Zn$  gewonnen wurde. Im Beispiel der Fig. 5 tritt der Minimalwert der Zeitabweichungen der dargestellten Beobachtungsperiode beispielsweise am Ende des Beobachtungsschrittes B13 auf. Dessen vorteilhafte Weiterverarbeitung zu einem Korrekturwert für die Synchronisation wird am Beispiel der Fig. 6 weiter erläutert.

Fig. 6 zeigt schematisch eine beispielhafte Ausführung für einen lokalen Synchronisationsalgorithmus in einer lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung in Form eines Blockschaltbildes. Eine solche ermöglicht die Bestimmung und Aufschaltung eines Korrekturwertes für die lokale Zeitbasis unter Verwendung des Minimalwertes aus den Zeitabweichungen der innerhalb einer Beobachtungsperiode übermittelten und ausgewerteten Zeitleitogramme. In der Darstellung von Fig. 6 wird dabei zum besseren Verständnis Bezug

genommen auf das Blockschaltbild von Fig. 1 und den lokalen Synchronisationsalgorithmus 37, welcher in der dortigen lokalen Datenverarbeitungsvorrichtung 15 "Slave n" enthalten ist.

Dabei betreffen die in den Blöcken 72, 73 und 74 von Fig. 6 symbolisch dargestellten Verarbeitungsschritte des Synchronisationsalgorithmus 37 einen Beobachtungsschritt in einer Beobachtungsperiode und werden bei jedem Beobachtungsschritt der Beobachtungsperiode erneut durchlaufen.

In Block 72 dient ein erster Verarbeitungsschritt 72a zur Bestimmung des Wertes einer Zeitabweichung, wobei über eine Abfrage 76 vom zugehörigen Kommunikationsalgorithmus 36 der mit dem aktuellen Zeitleitogramm übertragene Absendezeitpunkt eines vorangegangenen Zeitleitogrammes abgefragt und durch Differenzbildung mit dem gespeicherten, dazugehörigen Empfangszeitpunkt zum Wert einer Zeitabweichung verarbeitet wird. Ein folgender Verarbeitungsschritt 72b dient zu dessen Speicherung. Hierzu ist in Fig. 6 symbolisch ein Speicherbereich 78 dargestellt, in dessen Zellen die bereits erläuterten Zeitabweichungen  $x-s$ ,  $u-y$ ,  $v-z$  beispielhaft eingetragen sind. Der weitere Verarbeitungsschritt 72c, welcher die Aufgabe hat, einen Teilkorrekturwert zu laden, wird nachfolgend noch erläutert werden.

Es schließt sich ein Block 73 mit den Verarbeitungsschritten 73a und 73b an. Dabei hat der Verarbeitungsschritt 73a die Aufgabe der Speicherung eines Vorgabewertes, nämlich der Anzahl der Beobachtungsschritte pro Beobachtungsperiode, welche auch der Anzahl der Durchläufe des Synchronisationsalgorithmus 37 durch die Blöcke 72, 73 und 74 entspricht. Im folgenden Verarbeitungsschritt 73b erfolgt eine Zählung der bereits erfolgten Durchläufe durch diese Blöcke. In der folgenden Programmverzweigung 74 wird durch Vergleich des Vorgabewertes aus 73a mit dem aktuellen Zählwert aus 73b festgestellt, ob alle Beobachtungsschritte einer Beobachtungsperiode bearbeitet worden sind und somit das Ende der Beobachtungsperiode erreicht ist, oder ob noch Beobachtungsschritte zu verarbeiten sind. Im ersten Fall wird die Verarbeitungsschleife aus den Blöcken 72, 73 und 74 verlassen über den Verzweig 79 auf den Block 81 übergegangen, während im zweiten Fall über den Verzweig 75 an den Anfang der Verarbeitungsschleife zurückgesprungen wird und die Bearbeitung der Blöcke 72, 73 und 74 für eine folgenden Beobachtungsschritt wiederholt wird.

Nach Bearbeitung aller Beobachtungsschritte einer Beobachtungsperiode wird im Block 81 der aktuelle Wert der minimalen Zeitabweichung in der letzten Beobachtungsperiode bestimmt, in dem auf die im Speicherbereich 78 enthaltenen Werte zurückgegriffen wird. Gemäß einer besonders vorteilhaften, im Beispiel der Fig. 6 bereits dargestellten Ausführung der Erfindung kann dieser Minimalwert nun mit Hilfe eines Regelungsalgorithmus 84 im lokalen Synchronisationsalgorithmus 37 bis zum eigentlichen Korrekturwert RR dyn weiter verarbeitet werden, welcher als Ausgangswert 85 des Regelungsalgorithmus 84 abgegeben wird. Vorteilhaft enthält der Regelungsalgorithmus 84 einen proportionalen Anteil, und gegebenenfalls zusätzlich auch einen integrierenden bzw. differenzierenden Anteil. Ferner wird dem Regelungsalgorithmus 84 als Sollwert 83 der Wert null und als Istwert 82 der Minimalwert aus den Zeitabweichungen einer vorangegangenen Beobachtungsperiode zugeführt.

Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung kann ein Korrekturwert, der unter Auswertung der Beobachtungsschritte einer abgeschlossenen Beobachtungsperiode ermittelt wurde, während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt auf eine lokale Zeitbasis aufgeschaltet werden. Vorteilhaft wird hierzu in der betroffenen lokalen Zeitbasis ein

Teilkorrekturwert durch Division eines Korrekturwertes durch die vorgegebene Anzahl der pro Beobachtungsperiode übertragenen Zeitleitogramme gebildet, und anschließend pro Übertragung eines Zeitleitogrammes, d. h. pro Beobachtungsschritt, ein Teilkorrekturwert auf die lokale Zeitbasis zur Synchronisation aufgeschaltet. Der Korrekturwert wird somit nicht in einem Schritt, sondern stufenweise und zeitlich gestreckt aufgeschaltet.

Eine dafür geeignete, vorteilhafte Ausführung ist im Beispiel der Fig. 6 ebenfalls bereits dargestellt. Hierzu enthält der lokale Synchronisationsalgorithmus 37 einen Block 87, welcher eine Division des Korrekturwertes RR dyn am Ausgang 85 des Regelungsalgorithmus 84 durch die Anzahl der Beobachtungsschritte vornimmt, welche über die Verzweigung 86 aus dem Verarbeitungsschritt 73a gelesen wurde. Der hierdurch gebildete Teilkorrekturwert TK kann zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis pro Übertragung eines Zeitleitogrammes auf diese aufgeschaltet werden. Im Beispiel der Fig. 6 wird durch den Block 88 im Synchronisationsalgorithmus 37 ein Schreiben des Teilkorrekturwertes TK vorgenommen, in dem dieser über die Verzweigung 89 in den Verarbeitungsschritt 73b des Blockes 72 eingetragen wird. Wird nun die Verarbeitungsschleife aus den Blöcken 72, 73 und 74 zum Zwecke der Bearbeitung der Beobachtungsschritte einer aktuellen Beobachtungsperiode erneut zyklisch durchlaufen, so wird pro Durchlauf ein Teilkorrekturwert auf die lokale Zeitbasis aufgeschaltet. Nach Ablauf der vorgesehenen Anzahl von Durchläufen ist die Summe aller Teilkorrekturwerte, d. h. der gesamte Korrekturwert quasi "weich" aufgeschaltet.

Die Aufschaltung eines Korrekturwertes erfolgt wiederum vorteilhaft unter Einsatz der in Fig. 1 beispielhaft dargestellten lokalen Mittel zur Bildung einer lokalen Zeitbasis tn. Diese weisen einen Timerbaustein 34 auf, welcher von einem Taktmittel 35 zyklisch dekrementiert wird und nach vollständiger Dekrementierung eines vorher geladenen Startwertes ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis tn abgibt. Zur Synchronisation schalten die lokalen Synchronisationsmittel, insbesondere der dazugehörige Synchronisationsalgorithmus 37, dem Timerbaustein 34 als neuen Startwert den Korrekturwert RR dyn auf. Ist der Korrekturwert, wie oben beschrieben, in Teilkorrekturwerte TK aufgeteilt, so werden diese dem Timerbaustein 34 in einer folgenden Beobachtungsperiode bevorzugt im Takt des Empfanges von Zeitleitogrammen, d. h. pro Beobachtungsschritt, aufgeschaltet. Dies ist im Beispiel der Fig. 6 durch eine vom Verarbeitungsschritt 72c abgehende Verzweigung 77 symbolisiert, welche auf den Timerbaustein 34 verzweigt.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Synchronisation mindestens einer lokalen Zeitbasis (tm; tn) in einem lokalen technischen System (14; 15) auf eine zentrale Zeitbasis (tz) in einem zentralen technischen System (1), wobei Zeitleitogramme (... Zn-1, 11; Zn, 12; Zn+1, 13; ...) von der zentralen Zeitbasis (tz) an die lokale Zeitbasis (tm; tn) übertragen werden, und wobei

- a) von der zentralen Zeitbasis (tz) der Absendezeitpunkt (y, z) eines Zeitleitogrammes (11, 12) erfährt und als ein Datenwert in ein folgendes Zeitleitogramm (12, 13) eingetragen wird,
- b) von der lokalen Zeitbasis (tm)
  - b1) der Empfangszeitpunkt (u, v) eines Zeitleitogrammes (11, 12) erfährt und der Wert des in einem Zeitleitogramm (12, 13) enthaltenen Absendezeitpunktes (y, z) reproduziert wird,
  - b2) aus der Differenz zusammengehöriger

Absende- und Empfangszeitpunkte von Zeitleitogrammen (11, 12) Zeitabweichungen (u-y, v-z) zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis ermittelt werden, und  
b3) die Werte der Zeitabweichungen (u-y, v-z) zur Synchronisation der lokalen Zeitbasis (tm) ausgewertet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei von der lokalen Zeitbasis (tm; tn)

- a) Zeitabweichungen (u-y, v-z) mit Hilfe einer Gruppe von Zeitleitogrammen (... 11, 12, 13, ...) ermittelt werden (78), welche während einer Beobachtungsperiode (73, 74) übertragen wurden, und
- b) aus dem Minimalwert (82) der in einer Beobachtungsperiode (73, 74) erfaßten Zeitabweichungen (u-y, v-z) ein Korrekturwert (RR dyn) gebildet (85) und zur Synchronisation verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein Korrekturwert (RR dyn) dem Ausgangswert (85) eines Regelungsalgorithmus (84) entspricht, dem als Sollwert (83) der Wert null und als Istwert (82) der Minimalwert aus den während einer Beobachtungsperiode (73, 74) ermittelten Zeitabweichungen (78) zugeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei ein Korrekturwert (RR dyn) während einer folgenden Beobachtungsperiode verteilt auf eine lokale Zeitbasis (tm; tn) aufgeschaltet wird (88).

5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, wobei

- a) eine Beobachtungsperiode (73, 74) aus einer vorgegebenen Anzahl (73a, 73b) von übertragenen Zeitleitogrammen (... 11, 12, 13, ...) besteht,
- b) ein Teilkorrekturwert (TK) gebildet (88) wird durch Division (87) eines Korrekturwertes (RR dyn) durch die vorgegebene Anzahl (73a, 73b) von übertragenen Zeitleitogrammen (... 11, 12, 13, ...) und
- c) zur Synchronisation pro Übertragung eines Zeitleitogrammes ein Teilkorrekturwert (TK) auf die lokale Zeitbasis (tm; tn) aufgeschaltet wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche, mit

- a) einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung (1), welche aufweist
  - a1) zentrale Mittel (6, 7) zur Bildung einer zentralen Zeitbasis (tz)
  - a2) zentrale Kommunikationsmittel (8, 4) zur Einspeisung von Zeitleitogrammen (... 11, 12, 13, ...) in einen Datenbus (10) und
  - a3) zentrale Synchronisationsmittel (9), welche den Absendezeitpunkt (y, z) eines eingespeisten Zeitleitogrammes (11, 12) erfassen und in ein folgendes Zeitleitogramm (12, 13) vor dessen Einspeisung als einen Datenwert eintragen, und mit
- b) mindestens einer lokalen Datenverarbeitungseinrichtung (14; 15), welche aufweist
  - b1) lokale Mittel (24, 25; 34, 35) zur Bildung einer lokalen Zeitbasis (tm; tn),
  - b2) lokale Kommunikationsmittel (26, 21; 36, 31) zum Empfang von Zeitleitogrammen (... 11, 12, 13, ...) aus dem Datenbus (10),
  - b3) lokale Synchronisationsmittel (27; 37), welche die Empfangszeitpunkte (u, v) von Zeitleitogrammen (11, 12) erfassen, die in Zeitleitogrammen (12, 13) enthaltenen Absendezeitpunkte (y, z) auslesen, Zeitabweichungen



chungen (u-y, v-z) zwischen lokaler und zentraler Zeitbasis aus zusammengehörigen Absende- und Empfangszeitpunkten bestimmen und hieraus einen Korrekturwert (RR dyn) für die lokalen Mittel (24, 25, 34, 35) zur Erzeugung der lokalen Zeitbasis (tm, tn) bestimmen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei
  - a) die lokalen Mittel (24, 25, 34, 35) zur Bildung einer lokalen Zeitbasis (tm; tn) jeweils einen Timerbaustein (24, 34) aufweisen, welcher von einem Taktmittel (25, 35) zyklisch dekrementiert wird und nach vollständiger Dekrementierung eines Startwertes (RR) ein Zeitbildungssignal für die lokale Zeitbasis (tm; tn) abgibt, und
  - b) die lokalen Synchronisationsmittel (27, 37) dem jeweiligen Timerbaustein (24, 34) als Startwert (RR) den Korrekturwert (RR dyn) aufschalten.
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die lokalen Synchronisationsmittel (27, 37) den Korrekturwert (RR dyn)
  - a) aus den in einer Beobachtungsperiode (73, 74) empfangenen Zeitlegrammen (... 11, 12, 13, ...) bilden und
  - b) in Teilkorrekturwerte (TK) aufteilen (86, 87), und diese
  - c) dem Timerbaustein (24, 34) in einer folgenden Beobachtungsperiode, bevorzugt im Takt des Empfanges von Zeitlegrammen, aufschalten (88).
9. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche 6 bis 8 zum Betrieb von lokalen technischen Betriebsmitteln (17, 18) in einer Produktionseinrichtung (16), wobei den lokalen technischen Betriebsmitteln (17, 18) eine lokale Datenverarbeitungseinrichtung (14, 15) zugeordnet ist, welche das jeweilige lokale technische Betriebsmittel (17, 18) im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis (tm; tn) ansteuert.
10. Verwendung nach Anspruch 9 bei einer Produktionseinrichtung, welche elektrische Antriebe (17, 18) als technische Betriebsmittel aufweist.
11. Verwendung nach Anspruch 9 oder 10 bei einer Produktionseinrichtung, bei der eine lokale Datenverarbeitungseinrichtung (14, 15) Regelgrößen (17a, 17b; 18a, 18b), insbesondere Ist-, Soll- und/oder Stellwerte, synchron im Takt der jeweiligen lokalen Zeitbasis (tm, tn) mit dem zugeordneten lokalen technischen Betriebsmittel (17, 18) austauscht.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

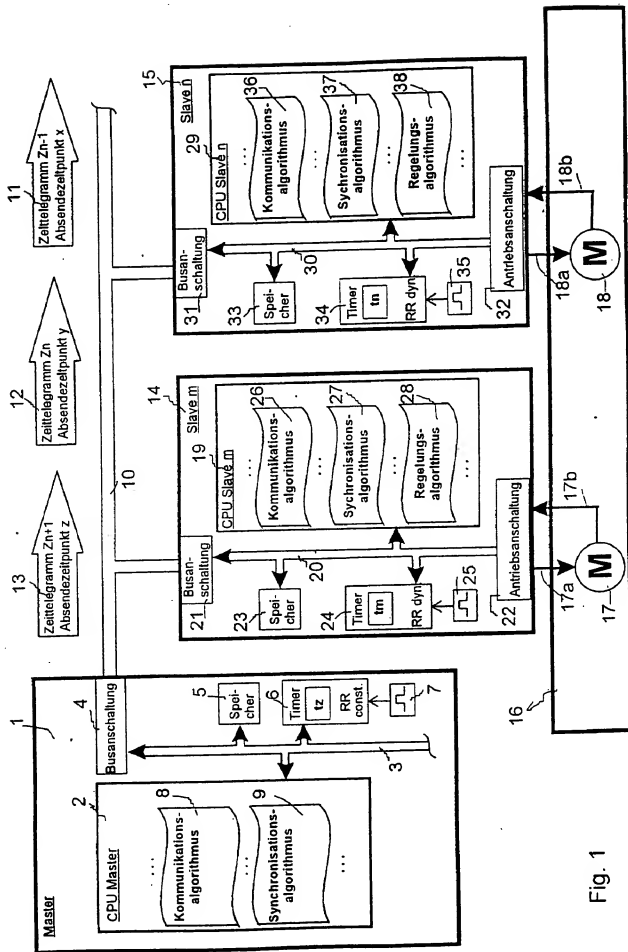


Fig. 1



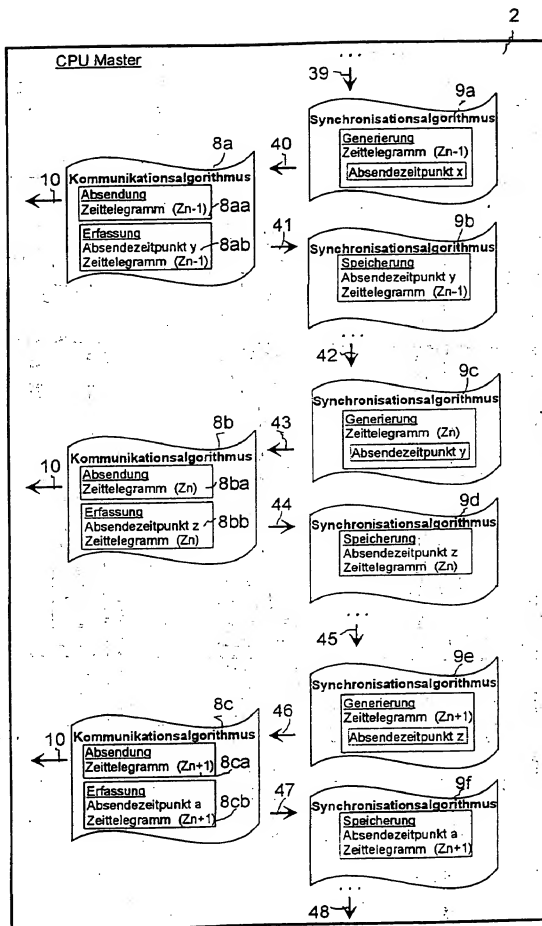


Fig. 3

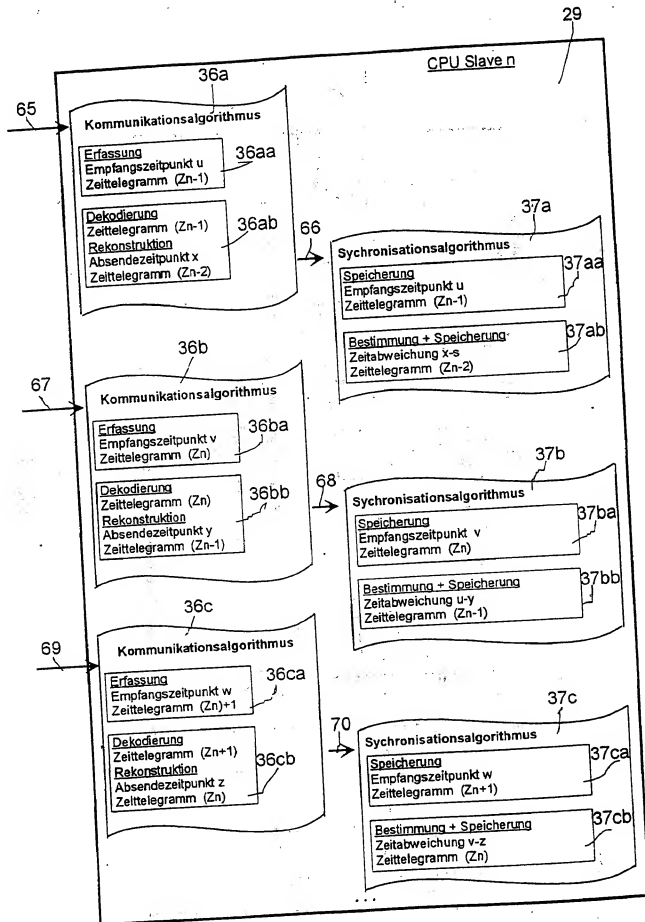


Fig. 4

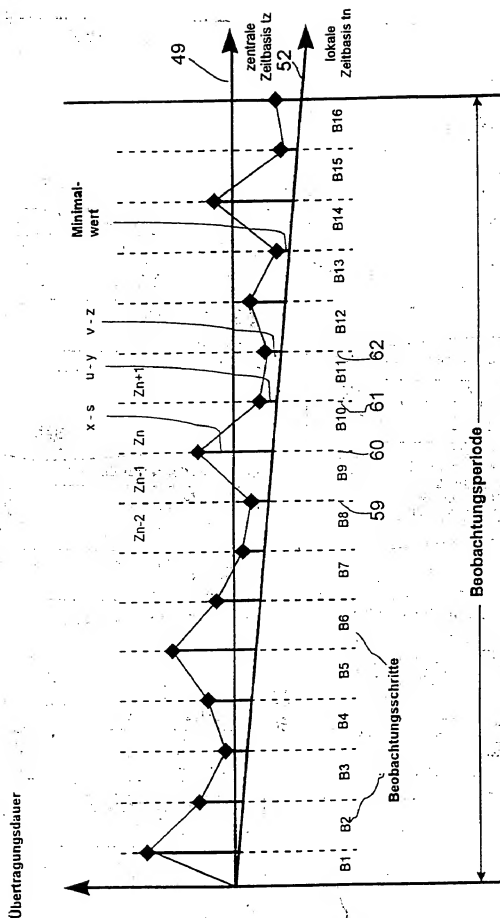


Fig. 5

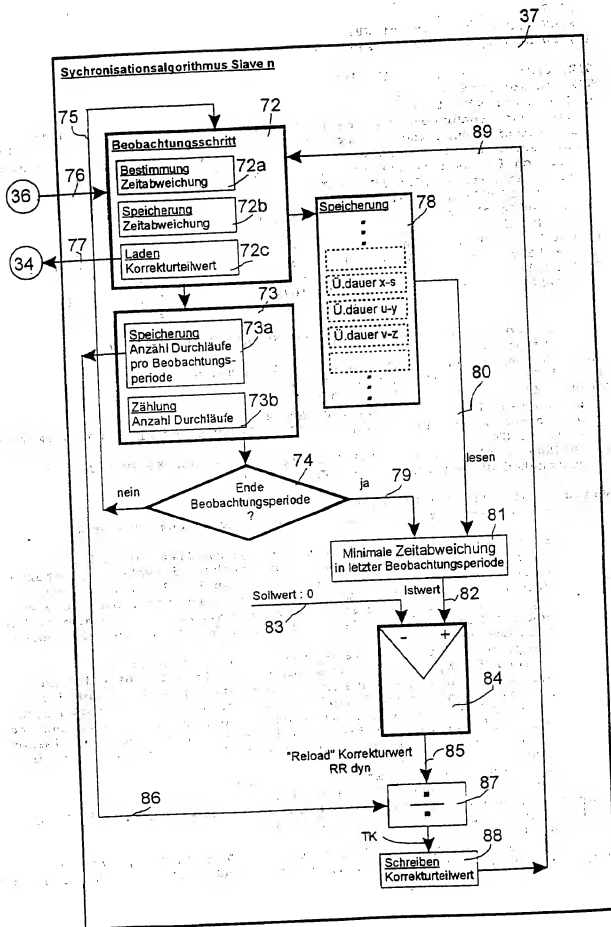


Fig. 6



1/9/2.

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012746231 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-552348/ 199947

XRPX Acc No: N99-408783

Time base synchronisation method in technical system - determining transmission duration of time message from difference between posting and reception; and evaluating values of reception time and transmission duration for synchronisation of local time base

Patent Assignee: SIEMENS AG (SIEI )

Inventor: KRAUSE K; ZEBISCH T

Number of Countries: 021 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19815647	A1	19991007	DE 1015647	A	19980407	199947 B
WO 9950722	A1	19991007	WO 99DE712	A	19990315	199949
EP 1064589	A1	20010103	EP 99916795	A	19990315	200102
			WO 99DE712	A	19990315	

Priority Applications (No Type Date): DE 1013770 A 19980327

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 19815647	A1	15	G06F-013/38		
-------------	----	----	-------------	--	--

WO 9950722	A1	G	G05B-019/042		
------------	----	---	--------------	--	--

Designated States (National): JP KR US

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE

EP 1064589 A1 G G05B-019/042 Based on patent WO 9950722

Designated States (Regional): DE FR GB IT

Abstract (Basic): DE 19815647 A

The method involves synchronizing at least one local time

base (tm; tn) of a local technical system (14; 15) with a central time base (tz) of a central technical system (1); whereby time messages (...; Zn-1, 11; Zn, 12; Zn+1, 13; ...) are sent from the central time base to the local time base, and whereby a point in time of a posting of a time message is recorded by the central time base, and is entered as a data value in a following time message.

The point in time of a reception of a time message is recorded by the local time base, and the value of point in time of the posting contained in the time message is reproduced. The transmission duration of the time message is determined from the difference between their posting and their reception, and the values of the point in time of the reception and the transmission duration are evaluated for the synchronisation of the local time base.

USE - Especially in distributed drive control system.

ADVANTAGE - Prevents effect of jitter on quality of synchronisation, and enables implementation with minimum additional circuitry in local processing arrangement.

Dwg.1/6

Title Terms: TIME; BASE; SYNCHRONISATION; METHOD; TECHNICAL; SYSTEM;  
DETERMINE; TRANSMISSION; DURATION; TIME; MESSAGE; DIFFER; POST; RECEPTION

THIS PAGE BLANK (uspto)

; EVALUATE; VALUE; RECEPTION; TIME; TRANSMISSION; DURATION;  
SYNCHRONISATION; LOCAL; TIME; BASE  
Derwent Class: T01; T06; W01  
International Patent Class (Main): G05B-019/042; G06F-013/38  
International Patent Class (Additional): G05B-019/418; H04L-007/00  
File Segment: EPI  
Manual Codes (EPI/S-X): T01-H07; T01-J08A; T06-A07A; W01-A01C; W01-A04;  
W01-A04A2; W01-A04X

THIS PAGE BLANK (WFO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**